

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EL AGUA POTABLE COMO GENERADORA DE HIDROGENO
MEDIANTE
ELECTROLISIS PARA SU USO COMO ENERGÍA ALTERNATIVA**

**POR:
Jesús Armando García Medina**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“EL AGUA POTABLE COMO GENERADORA DE HIDRÓGENO MEDIANTE
ELECTROLISIS PARA SU USO COMO ENERGÍA ALTERNATIVA”

POR:

JESÚS ARMANDO GARCÍA MEDINA

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

ASESOR PRINCIPAL: _____

ING. JOEL LIMONES AVITIA

ASESOR: _____

DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

ASESOR: _____

DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR: _____

DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2016



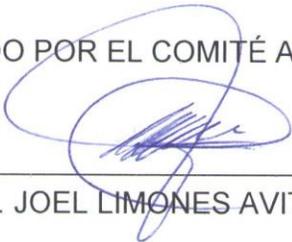
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JESÚS ARMANDO GARCÍA MEDINA, QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

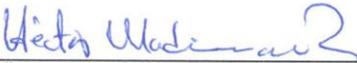
REVISADO POR EL COMITÉ ASESOR:

PRESIDENTE:



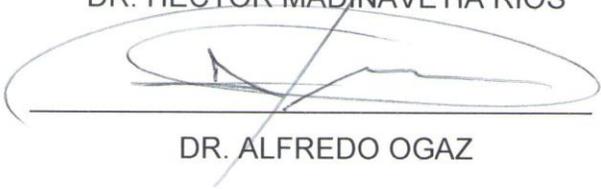
ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL:



DR. HÉCTOR MADINAVETIA RÍOS

VOCAL:

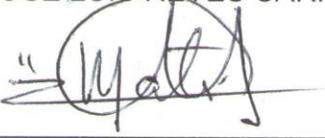


DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Jehová Dios por permitirme vivir hasta el día de hoy y darme las fuerzas y el ánimo para salir adelante en los momentos difíciles que se me presentaron para llegar hasta este punto de mi vida.

Agradezco a mi madre y mi padre que me apoyaron en todo lo que va de la vida para lograr esta meta.

También a mis hermanas Maribel y Vanessa, gracias por todo lo que hicieron por mí por apoyarme en momentos buenos y malos siempre estuvimos juntos a pesar de todas las cosas.

Gracias a mi alma matter Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro porque me abrió las puertas para formar parte de esta universidad tan bonita y tan noble.

Gracias a los maestros que me dieron clase y que más que mis maestros llegaron a ser mis amigos el Ing. Limones, el biólogo Madinaveitia, el Dr. Reyes, el Dr. Ogaz, el Dr. Mario García, al Dr. Anselmo, a la Ing. Rubí, a la maestra Cinthya, al Dr. Martel Cabral, al Dr. Leonardo Rocha, al Dr. Sánchez Ramos, al médico Limones, a Silver y Charly y a Chavelita del laboratorio de biología y un agradecimiento especial para una maestra que ya no está con nosotros pero nos enseñó muchas cosas buenas y fue muy buena persona la maestra Elba.

Gracias a toda esa gente bonita que estuvo conmigo en distintas etapas de mi vida y que pase buenos momentos con ellas en mi vida de estudiante.

Y también para aquella gente que estuvo en momentos buenos y malos conmigo y terminamos por distanciarnos, pero me dieron buenas lecciones de vida gracias por todo.

DEDICATORIA

Esto es dedicado a mi madre por todo el esfuerzo que hizo como cuidarme desde pequeño y preocuparse por mí para que no me fuera por un mal camino, por la educación que me dio, por los valores que me inculco por todo lo que hizo por mí en mi vida como estudiante desde kínder hasta el día de hoy al levantarse temprano a darme de comer y por todas las cosas que ha hecho por mí y por aguantar todas las cosas que hago mal, pero creo que esto es algo bueno para que vea que también hago cosas buenas gracias por todo lo que has hecho por mi inmerecidamente no te puedo pagar con nada del mundo por eso esto es para ti espero y seguir dándote buenos momentos como este te amo.

También va dedicado a mi padre que me enseñó muchas cosas con las cuales me he defendido en este tiempo y por el esfuerzo que hace por darnos lo necesario y por cuidar de mi e inculcarme buenos valores y enseñarme a trabajar para vivir y gracias por todo.

Dedicada a esa gente bonita que estuvo y ya no está...

“Cada Sacrificio En La Vida Tiene Su Recompensa Y Esta Es Una De Muchas Para Mi.”

ÍNDICE

CONTENIDO

Agradecimientos	i
Dedicatoria.....	ii
Índice	iii
Resumen	iv
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVO.....	5
III REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1 Revolución industrial	5
3.2 Máquina de vapor	6
3.3 Contaminación por combustibles fósiles	7
3.4 Problemas con los combustibles fósiles	10
3.5 Producción en masa	11
3.6 Energías alternativas	12
3.7 Hidrogeno	19
3.8 PRODUCCIÓN DE HIDROGENO.	28
3.8.1 Electrolisis	29
3.9 Hidrógeno como combustible	32
3.10 Usos del hidrogeno	33
IV MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
V RESULTADOS.....	44
VI CONCLUSIÓN	45
VII LITERATURA CITADA	46

RESUMEN

En la actualidad nos enfrentamos a problemas muy graves de contaminación por lo cual día a día se busca contrarrestarlos con otros tipos de energía alternativa. En este experimento se intentó hacer la separación del hidrogeno del agua por medio del método llamado electrólisis, que consiste en aplicarle energía eléctrica por medio de un cátodo y un ánodo a un recipiente que contiene agua potable y unos tubos de almacenamiento, esto con el fin de separar el hidrogeno del agua y así poder generar energía eléctrica por medio de una celda. El experimento se llevó a cabo en el laboratorio 1 de biología ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por lo que concluimos que la hipótesis planteada en este experimento fue negativa.

Palabras clave: energía eléctrica, hidrogeno, electrolisis, combustible, almacenamiento.

I.-INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles fósiles ha traído consecuencias ambientales perjudiciales. La extracción y transporte de combustibles fósiles provoca problemas ambientales principalmente en cuerpos de agua. El uso de gasolina o diésel genera contaminación del aire, que tiene efectos tanto en la salud como en la temperatura del planeta (Sebastián Escobar-Vargas et al., 2015)

El gran número de automóviles en uso a nivel mundial ha causado y continúa causando una serie de retos importantes en nuestra sociedad. gases de efecto invernadero y otras emisiones de los tubos de escape de los vehículos de los afectan no sólo el clima, sino también a las personas, especialmente las emisiones de partículas de los números crecientes de vehículos diésel en la carretera. Además, el rápido agotamiento del petróleo, los problemas con la seguridad energética, la dependencia de fuentes extranjeras y crecimiento de la población hacen que los desafíos planteados por los automóviles aún mayores (Shang et al., 2013).

La energía se produce en diferentes fuentes se pueden clasificar en primarias o secundarias, según pueda obtenerse de ellas la energía directamente o sea necesario recurrir a otra fuente. Así, por ejemplo, la energía eléctrica es una fuente secundaria de energía, porque para su producción es necesario recurrir a otra fuente de energía. También las fuentes de energía se clasifican en renovables y no renovables, según que su energía se siga produciendo en la actualidad y su consumo sea repuesto, o que ya no se produzca y su consumo acabe por agotar la reserva. A este segundo tipo pertenecen las reservas fósiles; petróleo, carbón y gas natural; en cambio son renovables la energía solar, la eólica, la hidráulica, la biomasa y la debida a mareas, olas y gradientes térmicos permanentes (Juana, 2008).

Hidrógeno es un combustible ideal para la producción de energía eléctrica por medio de pilas de combustible. Dado que la producción de hidrógeno y la infraestructura de entrega es actualmente ausente, los métodos de producción de hidrógeno descentralizado para la alimentación de las celdas de combustible se desarrollan activamente (Tsivadze et al., 2011a).

El hidrógeno es una energía "portadora" con un gran potencial para aumentar la seguridad energética y reducir gases de efecto invernadero (GEI). Puede ser producido a partir de una amplia gama de recursos energéticos primarios, como el gas natural, el carbón, la energía nuclear y las energías renovables (Fangzhu and Philip, 2010).

Es por ello la creciente preocupación mundial por la búsqueda de tecnologías de producción de energía renovable y ambientalmente más amigable. Dentro de estas tecnologías se encuentran las celdas de combustible que representan una opción limpia en la generación de energía, pues al ser puestas en operación, en la mayoría de las veces su principal producto es agua pura y no involucran la utilización directa de recursos no renovables (como los combustibles a base de fósiles), ya que utilizan uno de los elementos más abundantes de nuestro planeta: el hidrógeno (Laura ORTEGA-CHÁVEZ et al., 2008).

En las células de combustible de intercambio de protones (membrana PEMFC), hidrógeno y oxígeno se alimentan en ambos lados de la membrana de intercambio de protones (PEM), y la energía eléctrica de la reacción electroquímica se extrae directamente. Sin embargo, es difícil involucrar a todo el hidrógeno suministrado a PEMFC en la reacción, y algo de hidrógeno sin reaccionar se descarga (Takuto et al., 2011).

Las celdas de combustible de óxido sólido (SOFC), son dispositivos electroquímicos capaces de convertir directamente la energía química de un combustible en electricidad y calor. Comparada con la generación actual de

energía, la tecnología de las celdas de combustible presenta la opción de reducir la dependencia del petróleo y evitar el impacto de la contaminación sobre el medio ambiente. En un proceso convencional (motor de combustión interna), la energía química del combustible es transformada en energía mecánica, térmica y finalmente en electricidad(J. Alvarado-Flores and ´Avalos-Rodríguez, 2013).

Se describe la respuesta eléctrica en el cambio de carga en un sistema de pila de combustible alimentada por hidrógeno de alta pureza. El propósito de este estudio es utilizar el sistema de células de combustible para compensar la salida eléctrica inestable de un sistema fotovoltaico utilizado como fuente de energía renovable(Doi. et al., 2014).

Un separador poroso también sirve como una barrera que separa la reacción ánodo y el cátodo, pero cualesquiera iones puede ser transportado desde la cámara de ánodo al cátodo por difusión(Christgen. et al., 2015).

El objetivo para el establecimiento de las Pilas de Combustible de Hidrógeno en una empresa común (FCHJU) es de reunir los recursos y la coordinación del hidrógeno y los esfuerzos de demostración, para subsanar las deficiencias tecnológicas y sociales de pie en el camino de la introducción en el mercado. Para garantizar un criterio de valoración comercial, la industria está a la cabeza en la planificación(Colvenaer and Castel, 2011a).

Los nanos materiales han despertado gran interés en los últimos años debido a las propiedades mecánicas, eléctricas, electrónicas, ópticas, magnéticas y de superficie inusuales. La alta relación superficie / volumen de estos materiales tiene implicaciones significativas con respecto al almacenamiento de energía. Tanto la gran área de superficie y la oportunidad para la consolidación de nanos materiales son atributos clave de esta nueva clase de materiales para dispositivos de almacenamiento de hidrógeno. Investigaciones recientes han demostrado que los materiales a nano escala pueden ofrecer ventajas si ciertos

efectos físicos y químicos relacionados con la nano escala se pueden utilizar de manera eficiente(Mudassir Ali. Sk et al., 2012).

Una célula de combustible microbiana ofrece bacterias anaeróbicas en su lado anódico con un aceptor de electrones alternativo en la forma de un ánodo de estado sólido, que está conectado a través de un circuito eléctrico a un cátodo en contacto con oxígeno u otros compuestos oxidantes. este sistema permite que las bacterias anaeróbicas que pasan los electrones en el ánodo mientras que la oxidación de diversos compuestos en ausencia de aceptores terminales de electrones tales como el oxígeno, nitrato o sulfato (Morris. and Jin., 2012).

II OBJETIVO

Objetivo general

Extracción del hidrogeno presente en el agua potable por medio del empleo de un método físico consistente en una celda electrolítica.

Objetivo específico

Comprobación de la obtención de hidrogeno, empleándolo como combustible para la generación de energía eléctrica.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Revolución industrial

En el siglo XVIII, una gran revolución comenzó en Gran Bretaña. Fue una revolución de la industria. Marco el final de la vida de las personas en sociedades rurales y de hacer a mano las cosas que necesitaban. Las personas comenzaron a crear máquinas para hacer el trabajo difícil. Se construyeron fábricas y se abrieron bancos. Este tiempo se conoce como la revolución industrial y cambio la historia del mundo para siempre. Los motores a vapor se conocieron por primera vez durante la revolución industrial. Sin embargo, los fabricantes estadounidenses no se apresuraron a usar máquinas de vapor. Había muchos riachuelos y ríos, por lo que se prefería usar la energía hidráulica. Además, Estados Unidos era una nación nueva. Tenía pocas carreteras, y eran lodosas y tenían surcos profundos. Como resultado, los materiales no podían trasladarse fácilmente (Housel, 2016).

A partir del año 1860 un conjunto de nuevas transformaciones técnicas y económicas producían grandes cambios en el proceso de industrialización y se

extendió hasta el inicio de la Primera Guerra Mundial. Entre las invenciones que marcaron el inicio de la Segunda Revolución industrial fueron: El proceso de Bessemer de transformar el hierro en acero (inventado por el inglés Henry Bessemer); el dinamo, cuya invención creó las condiciones para la sustitución del vapor por la electricidad. El "oro negro" Petróleo pasó a ser utilizado como fuerza motriz en navíos y locomotoras(Universal, 2010).

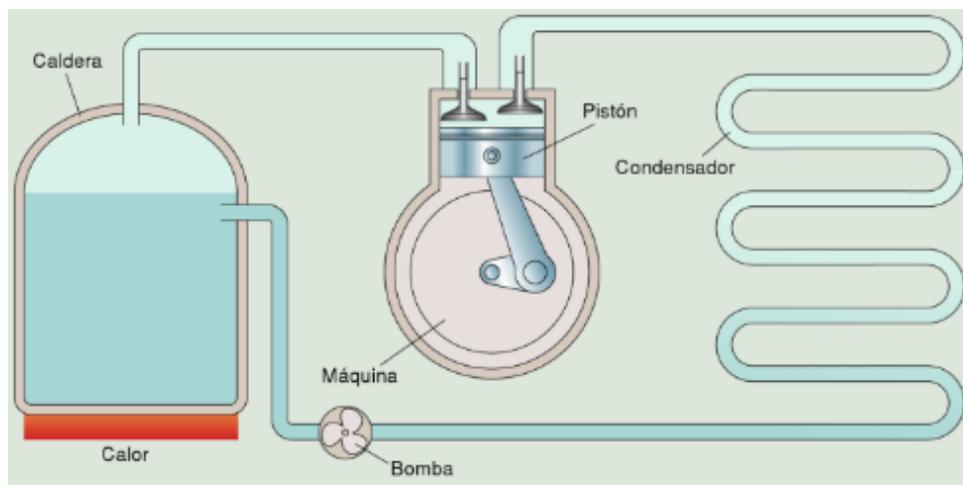
Los enormes cambios que ha traído consigo la era digital y el avance imparable de la tecnología están teniendo un impacto transversal en todos los sectores de la economía y la sociedad. Vivimos una época de transformación tan importante como la que trajo el desarrollo de la máquina de vapor en las fábricas del siglo XIX. Estamos por lo tanto ante una nueva revolución industrial que llega cargada de enormes oportunidades, pero también de importantes desafíos para empresas, administraciones y ciudadanos(PAÍS, 2014).

3.2 Máquina de vapor

James Watt inventó la máquina de vapor en el año 1776. Las máquinas de vapor han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero algunos tipos han ido perdiendo gradualmente terreno con respecto a las turbinas. De los tipos de máquinas de vapor que se han mantenido, debemos, entre ellos, centrar nuestra atención en los usados actualmente en las modernas instalaciones industriales y en las centrales de pequeña potencia (GAFFERT, 1981).

Una máquina de vapor transforma en energía mecánica la energía térmica que se produce en la reacción química de combustión de un combustible (madera, carbón o derivados del petróleo). Esta energía pasa a vapor que se origina al calentar un volumen de agua hasta ebullición en un recipiente cerrado (caldera). A continuación, se aprovecha la fuerza expansiva del vapor originado para empujar un embolo o pistón conectado a una biela, de modo que el movimiento alternativo de esta puede hacer girar un volante, es decir, la expansión del vapor

contra el pistón permite realizar un trabajo mecánico. El vapor escapa después a una temperatura mucho menor y se enfría hasta que se condensa y es forzada mediante una bomba a volver a la caldera para reiniciar el ciclo o se expulsa a la atmósfera como ocurría en las antiguas locomotoras de los ferrocarriles (Pérez et al., 2011).



Funcionamiento De La Máquina De Vapor es una caldera que genera vapor y hace que se mueva un pistón y ese pistón mueve un cigüeñal el cual a su vez mueve una transmisión que va a un diferencial que es el que mueve las ruedas.

3.3 Contaminación por combustibles fósiles

La combustión es uno de los más importantes y antiguos descubrimientos del ser humano. El hombre de la prehistoria empezó a abandonar sus cuevas de invierno luego que descubrió como hacer fuego con madera, tal como todavía lo hacen los indígenas frotando una varita con un trozo de tronco. La madera continuó siendo el combustible por milenios, manteniendo despierta la meditación del ser humano durante sus horas de descanso frente a una chimenea, meditación que probablemente condujo a muchas ideas innovadoras durante el desarrollo de la civilización humana. La producción de combustibles líquidos aumentó significativamente debido a los hallazgos de los yacimientos de petróleo. Los primeros pozos comerciales fueron perforados hace

aproximadamente 150 años, originando desde entonces un gran auge de vehículos para el transporte (carros, motocicletas, buses, trenes, barcos y aviones) prácticamente marcando el inicio de la revolución industrial. Cabe destacar que los primeros vehículos desarrollados por Henry Ford y Rudolf Diésel usaron etanol de fermentación y éster de aceite vegetal respectivamente (los ahora denominados biocombustibles) pero luego las grandes producciones en serie fueron abastecidas por la creciente industria petrolera (Laine, 2009).

Los restos de frondosos bosques, grandes animales muertos y materia orgánica en general, como algas, esporas y plantas acuáticas, acumulados durante millones de años bajo grandes capas de tierra a altas presiones y temperaturas, fueron descomponiéndose lentamente mediante la acción de microorganismos anaerobios y han dado lugar a lo que hoy denominamos combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural. El tipo de combustible fósil formado depende de la clase de material descompuesto, de las condiciones en que se ha producido y del tiempo transcurrido. El carbón se ha formado en medio ácido y saturado de agua, a partir principalmente de materia vegetal, dando lugar primeramente a la turba, que después se transforma en carbón. Es el combustible fósil más abundante y ampliamente distribuido sobre la tierra. Se caracteriza fundamentalmente por su contenido en azufre. Hoy día, en los países de la Europa del este y en china sigue siendo el combustible dominante. Las formaciones de petróleo y gas natural van asociadas. El material de origen es, principalmente, sedimento marino o de grandes lagos, acumulado a gran profundidad, más de 500 metros, y sometido a temperatura elevada. Las condiciones de alta presión y temperatura hacen que se inicien procesos químicos de descomposición, que dan como resultado la producción de gas natural y dejan como residuo el petróleo. Su reparto es muy desigual, estando casi el 70% de las reservas de petróleo concentradas en los países árabes del medio este (Juana, 2008).

La energía eléctrica se genera a partir de combustibles fósiles en las centrales térmicas cuyo objetivo es producir vapor con el máximo rendimiento posible al menor costo; a su vez, son el principal productor de contaminación debido a que generan energía eléctrica por combustión. La combustión o incineración es una reacción química de oxidación mediante la cual los compuestos orgánicos se transforman en anhídrido carbónico (CO₂) y otros subproductos. Como producto de la combustión, las centrales térmicas producen emisiones contaminantes líquidas y gaseosas que se descargan en los cuerpos de agua o en la atmósfera (Cisneros, 2001a).

El uso de combustibles fósiles ha traído consecuencias ambientales perjudiciales. La extracción y transporte de combustibles fósiles provoca problemas ambientales principalmente en cuerpos de agua. El uso de gasolina o diésel genera contaminación del aire, que tiene efectos tanto en la salud como en la temperatura del planeta (Sebastián Escobar-Vargas et al., 2015).

Un aspecto prácticamente específico del petróleo, frente a los otros combustibles fósiles, es la necesidad de una industria de transformación que adecue el producto extraído de los yacimientos a sus diferentes usos. El crudo de petróleo, tal cual, tiene aplicaciones muy limitadas, mientras que la multitud de fracciones y sustancias que se pueden obtener de su fraccionamiento e, incluso, de su transformación encuentran un infinito número de aplicaciones energéticas y no energética (como materias primas de un sinnúmero de industrias petroquímicas (Castellanos, 2004).

La relación entre el uso de las principales clases de combustibles fósiles y la contaminación que esto genera es, en muchos sentidos, estable y predecible. La más directa es la que existe entre el uso del combustible y las emisiones de dióxido de carbono, ya que no se dispone de una tecnología de bajo costo que reduzca estas emisiones por unidad de combustible empleada. No obstante, con diversos grados de variabilidad, hay también relaciones estrechas entre el uso de

combustibles y la incidencia de otros tipos de contaminación, sea o no por gases. En suma, el aumento del precio del combustible tenderá a desalentar hasta cierto punto una amplia gama de actividades contaminantes (Acquatella and Bárcena, 2005).

El gran número de automóviles en uso a nivel mundial ha causado y continúa causando una serie de retos importantes en nuestra sociedad. gases de efecto invernadero y otras emisiones de los tubos de escape de los vehículos de los afectan no sólo el clima, sino también a las personas, especialmente las emisiones de partículas de los números crecientes de vehículos diésel en la carretera. Además, el rápido agotamiento del petróleo, los problemas con la seguridad energética, la dependencia de fuentes extranjeras y crecimiento de la población hacen que los desafíos planteados por los automóviles aún mayores (Shang et al., 2013).

La generación de electricidad a partir de derivados del petróleo ha contribuido en mucho a la contaminación en las grandes metrópolis, así como a los cambios climáticos, al efecto invernadero y la pérdida de la biodiversidad, entre otros problemas ambientales(ORTEGA-CHÁVEZ et al., 2008).

3.4 Problemas con los combustibles fósiles

En condiciones en las que la degradación de la materia orgánica se realiza con escasa disponibilidad de oxígeno, se pueden llegar a formar compuestos como la turba, el carbón, el petróleo y el metano. Estos combustibles fósiles se acumulan en grandes reservas en el subsuelo, constituyendo un gran sumidero de carbono durante periodos prolongados de tiempo, hasta que su extracción y utilización para la obtención de energía por la actividad humana provoca la liberación a la atmosfera de compuestos de carbono. La actividad humana introduce perturbaciones en el ciclo natural del carbono. La utilización de los combustibles fósiles, algunos procesos industriales, la agricultura intensiva o el cambio de uso del suelo son las principales fuentes antropogénicas que liberan

CO₂ y otros compuestos con carbono a la atmósfera de forma directa o indirecta, en cierta medida, puede entenderse esta influencia como el corto circuito de un proceso que necesitaría millones de años para completarse de forma natural (PICÓ et al., 2012).

3.5 Producción en masa

Los procesos productivos pueden clasificarse en proyectos, procesos de producción por cochada, procesos de producción en masa y procesos de producción continua. En los proyectos encontramos los de construcción de puentes, avenidas y edificios. Dentro de los procesos de producción por bache, que se caracterizan por la fabricación de pequeños grupos de productos que comparten el mismo diseño, se incluyen la fabricación de bicicletas y la elaboración de productos de pastelería y panadería en negocios pequeños. Cuando se trata el tema de procesos de producción en masa, se encuentran ejemplos de productos más estandarizados, con menor mano de obra y procesos intensivos en el uso de la tecnología como los de fabricación de automóviles y microprocesadores electrónicos. Finalmente, la producción continua o sin interrupción se presenta en procesos como los de fabricación de papel, refinación de petróleo y pinturas (Retamoso, 2007).

Las empresas modernas presentan experiencias de cambios permanentes en los procesos de producción y, a la vez, tienen que afrontar los retos de un mercado globalizado, cambiante y altamente competitivo. Las empresas de fabricación tradicionales son jerárquicas, enfocadas a los bienes de capital y producción en masa, estáticas y con resistencia al cambio; centralizadas entorno a una gerencia que controla los procesos. Como respuesta a estos retos surge la necesidad de dotar a las empresas de una estructura flexible, ágil y pro-activa. optándose por estructuras planas donde el personal de los diferentes departamentos trabaja en equipo en la búsqueda de soluciones a los problemas complejos que aparecen en el funcionamiento de las empresas modernas (HIGUERA and GARCIA, 2007).

3.6 Energías alternativas

Sin lugar a dudas, ante el previsible final de los recursos energéticos fósiles, y la posibilidad de disminuir los graves efectos ambientales que producen, la sociedad fija sus esperanzas en las fuentes renovables de energía. Se mencionan, sin matizar, sus principales ventajas como la limpieza en el uso y su carácter de inagotables; no obstante, la realidad es que este discurso tiene ya muchos años y las fuentes renovables de energía aun no alcanzan la preponderancia largamente anunciada. En relación con lo que la gente entiende por energías alternativas existe controversia, pues para unos son sinónimo de energías renovables, y para otros incluyen energías parcialmente renovables como la geotérmica; o definitivamente, no renovables, pero si alternativas como la nuclear por fisión. En algunos documentos no se considera como energía renovable a las grandes instalaciones hidráulicas y en otros la biomasa se puede solo referir al uso energético de la leña. Otra grave dificultad en torno a las energías alternativas y renovables se da al manejar un discurso en el que se incorporan todas ellas en un solo paquete; como si todas tuvieran las mismas características, ventajas o dificultades, o como si todas las tecnologías disponibles para su conversión tuviesen el mismo grado de desarrollo, incluyendo su grado de penetración comercial. Por ejemplo, hablar de promover el uso de la energía solar adquiere distintas dimensiones si se habla de colectores solares planos para calentamiento de agua con fines domésticos y recreativos, o energía térmica para procesos industriales, o bien energía eléctrica para sistemas aislados o conectados a la red. Por lo anterior, cualquier plan energético que pretenda incorporar las energías renovables debe aclarar desde el principio que entiende por energías renovables y a que tecnologías específicas se refieren las propuestas (Calva et al., 2007).

La energía se produce en diferentes fuentes se pueden clasificar en primarias o secundarias, según pueda obtenerse de ellas la energía directamente o sea

necesario recurrir a otra fuente. Así, por ejemplo, la energía eléctrica es una fuente secundaria de energía, porque para su producción es necesario recurrir a otra fuente de energía. También las fuentes de energía se clasifican en renovables y no renovables, según que su energía se siga produciendo en la actualidad y su consumo sea repuesto, o que ya no se produzca y su consumo acabe por agotar la reserva. A este segundo tipo pertenecen las reservas fósiles; petróleo, carbón y gas natural; en cambio son renovables la energía solar, la eólica, la hidráulica, la biomasa y la debida a mareas, olas y gradientes térmicos permanentes (Juana, 2008).

Los biocombustibles son generalmente menos tóxicos que los combustibles fósiles ya que emiten menos CO, HC, SO, y material particulado que los combustibles fósiles. En algunos casos, no obstante, como en las mezclas de etanol con gasolina, se producen aumentos en las emisiones de COV. El impacto de los biocombustibles (etanol y biodiesel) en las emisiones de NOx generalmente es de poca magnitud y puede tener signo positivo o negativo dependiendo de las condiciones. Por otro lado, presentan menos riesgos de toxicidad en su manipulación que los combustibles de origen fósil (Gómez et al., 2008).

La producción de energía a partir de fuentes de energía renovables recibe cada vez más atención, debido al agotamiento de los combustibles fósiles y la urgencia social para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Sol, el viento y la biomasa son enormes fuentes de energía renovables, disponibles en todo el mundo.^{1,2} Sin embargo, cuando se utiliza sol y el viento como fuentes, se hace difícil para que coincida con la oferta y la demanda de energía debido a la fluctuación de la demanda y la disponibilidad de recursos renovables (por ejemplo, el ciclo día / noche, las velocidades del viento variables)(Deeke. et al., 2012).

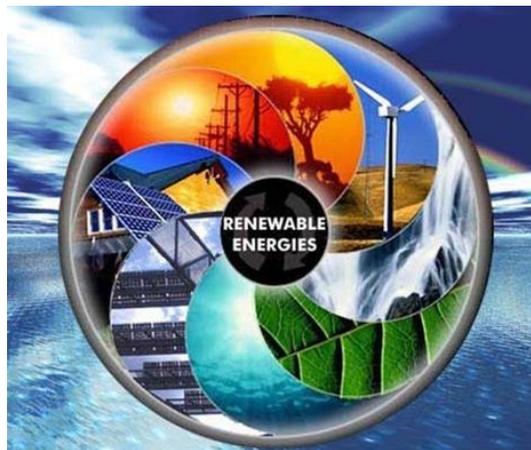
Durante la última década, ha habido una gran demanda de energía limpia o fuentes de energía renovables. Las pilas de combustible son consideradas como un candidato prometedor para aplicaciones estacionarias, de automoción y móviles debido a su alta densidad de energía, alta conversión, eficiencia y bajos niveles de contaminación. Entre los varios tipos de pilas de combustible, la mayoría de las investigaciones se han dirigido hacia el desarrollo de pilas de combustible de electrolito de polímero (PEFC) utilizando membranas de intercambio de protones (PEM) como el electrolito. por polímeros de ácido sulfúrico tales como Nafion (DuPont) son membranas de electrolito de polímero con tecnología de última generación para las PEFC. Mientras que las fl por los MDI fluorado son altamente conductora de protones y son químicamente, físicamente y térmicamente estable, algunos inconvenientes significativos se mantienen para su comercialización generalizada de las PEFC(Tanaka. et al., 2011).

Las energías renovables fueron aprovechadas desde la antigüedad, por lo que no se trata de una aplicación reciente y que se haya puesto de moda, especialmente por grupos ecologistas. Las energías renovables, como se ha dicho, fueron aprovechadas desde la antigüedad en variantes muy concretas, como son algunos de los ejemplos que se citan a continuación:

- Las hogueras para calentarse, cocinar y alumbrarse. Primeramente, con ramas y leña y después también con carbón.
- Aplicando la arquitectura solar pasiva, desde 500 años D.C, aprovechando el calor del sol para calentar ciertos locales y dependencias de la casa en la época fría del invierno.
- Molinos accionados por la fuerza del viento, desde hace 3000 años.
- Norias hidráulicas desde hace 2000 años
- Navegación por mares y ríos de barcos empujados por la fuerza del viento desde la antigüedad.

- Aprovechamiento de las mareas, el calor del sol la fuerza del agua de los ríos.

Cuando llego la máquina de vapor y posteriormente el motor eléctrico se abandonó el uso de ciertas energías alternativas. Ha sido a partir de los años 70 del pasado siglo XX, cuando por causa de problemas energéticos en el mercado mundial (precios y suministros), se ha visto un renacer de las energías renovables y alternativas, pero ahora con nuevas tecnologías que hacen que sus rendimientos sean mejores y más competitivos(Viloria, 2012).



Diferentes Tipos De Energías Renovables por ejemplo; energía eólica, hidráulica, biomasa, mareomotriz y fotovoltaica

Las energías alternativas son fuentes de energía no conectados a la red eléctrica. Hay personas que deciden en un momento dado desconectarse no solo de la red eléctrica, sino también de las redes de distribución de agua o de gas, y no emplear energía derivada de sistemas proporcionados por empresas o producida por estas (Bridgewater and Bridgewater, 2009).

La demanda de energía se estima que crezca a razón de 1.8 % anual, hasta el año 2030, lo que supone un crecimiento del 55% sobre las necesidades energéticas globales que se tienen en la actualidad. La demanda será más fuerte

en países emergentes (China India Brasil) mientras que en los más industrializados el incremento será menor. Las energías renovables se incrementarán de forma muy apreciable. Pasando del 7%, hasta el 20% en el año 2020. La energía lo mueve todo, nuestro mundo actual se mueve consumiendo energía, y una parte importante de la misma no tiene reposición(Viloria, 2012).

Energía solar. - el sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5500 °C, en cuyo interior tiene lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar. La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable y, por tanto, inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce(Muñiz and García, 2006).



Fotocelda Solar generadora de energía eléctrica se calienta y hay una excitación de electrones que van a un transformador que cambia la corriente directa a corriente alterna y regula el voltaje al que se requiere para el funcionamiento de los equipos usados

Energía eólica. -La energía eólica se ha utilizado desde tiempo pasados como energía mecánica para molinos y bombeo de agua. A partir de 1980 progresa la tecnología eólica. En su inicio, las turbinas tenían potencias de 20 a 50 kW, eran pesadas, ruidosas, con baja disponibilidad, difícil regulación y su coste unitario de inversión se sitúa entre 900 a 1.300€/kW instalado(López, 2012).



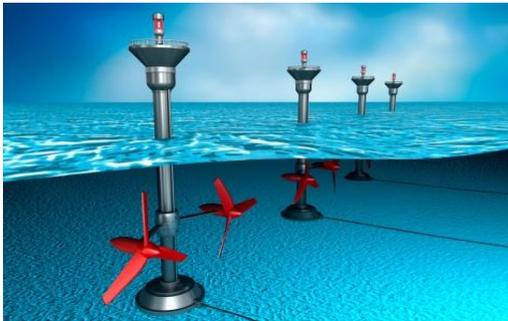
Turbinas Eólicas Generadoras De Energía Eléctrica por medio de unos rotores que funcionan como generadores de corriente que pasa a un transformador y es usada como energía limpia renovable

Energía hidráulica. - la energía del agua en movimiento, en ríos u otros cauces, se ha empleado en el pasado para el accionamiento de molinos de cereal, de martillo pilones en trabajos metalúrgicos, o para el transporte de mercancías mediante barcazas. Esta forma de energía contribuyo de forma significativa al desarrollo industrial y económico de muchos países, desde la edad media a bien entrada la revolución industrial. La utilización de la energía hidráulica para a generación de electricidad hace un siglo(Pérez, 1997).



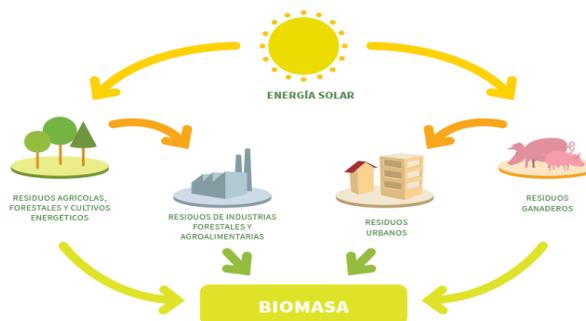
Turbina Hidráulica Generadora De Energía Eléctrica O Mecánica gira por medio del agua en movimiento tiene unas palas que la hacen moverse al tiempo que el agua pasa

Energía mareomotriz. - el aprovechamiento de la energía de las mareas se ajusta a un principio muy sencillo: construcción de una barrera en una bahía o estuario, de modo que se establezca una separación entre el agua retenida y el mar abierto. Al subir y bajar el agua por acción de las mareas, unos grupos electrógenos transforman esos movimientos ascendente y descendente en electricidad(Valtueña, 2002).



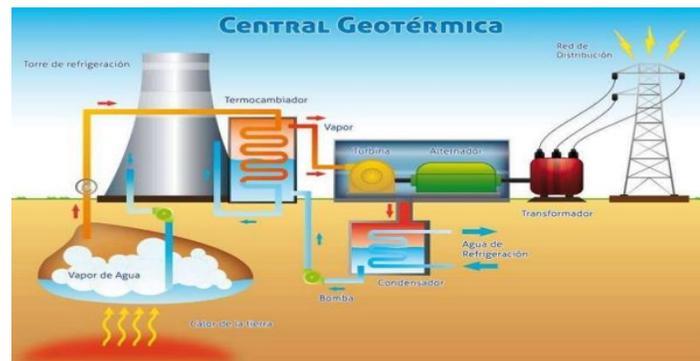
Turbinas Mareomotrices Generadoras De Energía Eléctrica por medio del movimiento de las mareas tiene unos rotores que transforman esa energía que tienen las mareas en energía eléctrica por medio de un transformador.

Energía de biomasa. – en la fermentación de residuos orgánicos urbanos e industriales se obtiene biogás, formado por metano y dióxido de carbono que se utiliza, además de como combustible para motores, para calefacción, agua caliente, electricidad, etc(Crespo et al., 2009).



Es la energía que se genera por medio de la fermentación de los residuos orgánicos y puede servirnos para generar gases flamables que pueden hacer funcionar un motor o un generador de energía eléctrica.

Energía geotérmica. – es la forma comercial de energía proveniente del vapor a presión o del agua caliente almacenada en el subsuelo. Se utiliza en forma directa como calefacción, o bien, para generar electricidad. Una ventaja primaria de la geotermia es que ayuda a disminuir la demanda de otros combustibles. No se necesitan grandes áreas de terreno para la obtención del recurso y no hay etapas de refinamiento ni de transporte(Cisneros, 2001b).



Una Central Geotérmica Generadora De Energía Eléctrica esto es gracias a la energía calorífica que se encuentra en el suelo excavan hasta encontrar el vapor que va a mover la turbina que genera la energía eléctrica y la distribuye a la red eléctrica.

3.7 Hidrogeno

Primer elemento de la tabla periódica. En condiciones normales es un gas incoloro, inodoro e insípido, compuesto de moléculas diatómicas, H₂. El átomo de hidrógeno, símbolo H, consta de un núcleo de unidad de carga positiva y un solo electrón. Tiene número atómico 1 y peso atómico de 1.00797. Es uno de los constituyentes principales del agua y de toda la materia orgánica, y está distribuido de manera amplia no sólo en la Tierra sino en todo el universo. Existen

3 isótopos del hidrógeno: el protio, de masa 1, que se encuentra en más del 99.98% del elemento natural; el deuterio, de masa 2, que se encuentra en la naturaleza aproximadamente en un 0.02%, y el tritio, de masa 3, que aparece en pequeñas cantidades en la naturaleza, pero que puede producirse artificialmente por medio de varias reacciones nucleares(LENNTECH, 2016).

Propiedades: El hidrógeno común tiene un peso molecular de 2.01594. El gas tiene una densidad de 0.071 g/l a 0°C y 1 atm. Su densidad relativa, comparada con la del aire, es de 0.0695. El hidrógeno es la sustancia más inflamable de todas las que se conocen. El hidrógeno es un poco más soluble en disolventes orgánicos que en el agua. Muchos metales absorben hidrógeno. La adsorción del hidrógeno en el acero puede volverlo quebradizo, lo que lleva a fallas en el equipo para procesos químicos(LENNTECH, 2016).

A temperaturas ordinarias el hidrógeno es una sustancia poco reactiva a menos que haya sido activado de alguna manera; por ejemplo, por un catalizador adecuado. A temperaturas elevadas es muy reactivo(LENNTECH, 2016).

El hidrógeno reacciona con oxígeno para formar agua y esta reacción es extraordinariamente lenta a temperatura ambiente; pero si la acelera un catalizador, como el platino, o una chispa eléctrica, se realiza con violencia explosiva. Con nitrógeno, el hidrógeno experimenta una importante reacción para dar amoníaco. El hidrógeno reacciona a temperaturas elevadas con cierto número de metales y produce hidruros. Los óxidos de muchos metales son reducidos por el hidrógeno a temperaturas elevadas para obtener el metal libre o un óxido más bajo. El hidrógeno reacciona a temperatura ambiente con las sales de los metales menos electropositivos y los reduce a su estado metálico. En presencia de un catalizador adecuado, el hidrógeno reacciona con compuestos orgánicos no saturados adicionándose al enlace doble(LENNTECH, 2016).

Peligros físicos: El gas se mezcla bien con el aire, se forman fácilmente mezclas explosivas. El gas es más ligero que el aire.

Peligros químicos: El calentamiento puede provocar combustión violenta o explosión. Reacciona violentamente con el aire, oxígeno, halógenos y oxidantes fuertes provocando riesgo de incendio y explosión. Los catalizadores metálicos, tales como platino y níquel, aumentan enormemente estas reacciones (LENNTECH, 2016).

La producción de hidrógeno a partir de biomasa abundante es menos costosa es un atajo para la producción de hidrógeno a bajo costo y sin emisiones netas de carbono. La biología sintética se interpreta como el edificio impulsado ingeniería de entidades biológicas cada vez más complejos para aplicaciones novedosas, que implica las etapas de la normalización, la disociación, la abstracción y la evolución. Uno de los objetivos principales de la biología sintética es ensamblar piezas intercambiables de la biología natural en los sistemas que funcionan poco natural. El ejemplo más simple es la biología sintética para montar enzimas para implementar un proceso natural, en el que no existen los sistemas de regulación de genes. Aquí aplicamos los principios de la biología sintética para aplicar una reacción importante mediante el uso de 13 enzimas conocidos, que forman una vía enzimática no natural. La ventaja más obvia de este proceso es que el rendimiento de hidrógeno es mucho mayor que el rendimiento teórico ($4 \text{ H}_2 / \text{glucosa}$) de fermentaciones de hidrógeno biológicos. Se prevé que este nuevo método de producción de hidrógeno Alto rendimiento enzimática a tener un gran impacto en la futura economía del hidrógeno y de hidratos de carbono (Zhang et al., 2007).

En estudios de adsorción de hidrógeno, la concentración de hidrógeno absorbido por los materiales de carbono Nano se puede determinar por diversas técnicas, tales como el gravimétrico, electrolítico y los métodos gasométricos. A partir de los métodos gravimétricos, la concentración de hidrógeno presente en el material

se puede obtener por el cambio de la masa del material antes y después de la adsorción de hidrógeno. La muestra forma uno de los electrodos en el caso del método electrolítico, donde el hidrógeno está dado por el electrolito (por ejemplo, KOH) cuando una corriente conocida pasa a través del circuito. En el método gasométrica, la concentración de hidrógeno presente en el material se puede obtener de la técnica de reducción volumétrica o presión. En la técnica volumétrica, la medición del cambio en el volumen da la concentración de hidrógeno de un material a una presión y temperatura constante. En la técnica de reducción de la presión, la concentración de hidrógeno se calcula a partir del cambio de presión observada antes y después de la adsorción de hidrógeno en un volumen calibrado constante y a una temperatura constante (Sk et al., 2012).

Un sistema electrolizador alimentado por la batería del camión se utiliza para generar HHO que se introduce en el colector de admisión de aire del motor. Un sistema generador típico de HHO consiste en un depósito de electrolito a base de agua, una o más células electrolizadoras conectadas o montados en el interior del depósito y una tubería de gas de la parte superior del depósito a la entrada de aire del motor. Los electrodos están conectados a la batería del camión y el alternador a través de un relé y la electrónica de limitación de corriente. Cuando el motor está en marcha, el relé conmuta la energía a los electrodos para comenzar la producción de HHO. La presión negativa creada por el motor se basa en estos gases que luego ayudan a la combustión del combustible diésel en formas que aún no se han definido correctamente. Los resultados de las pruebas en varios camiones han demostrado varios efectos: (1) reducción de las emisiones de escape; (2) la mejora de la potencia del motor cuando se inyecta el HHO; (3) el aumento de la economía de combustible en determinadas condiciones de funcionamiento del motor, con 20% de ser una mejora típica (Perham, 2011).

El proyecto RAMSES tiene como objetivo desarrollar un alto rendimiento innovador, robusto, duradero y rentable de óxido sólido pila de combustible

(SOFC) basado en el concepto de celda de metal soportado, es decir, la deposición de electrodos de cerámica delgados y electrolito sobre un sustrato metálico poroso. El objetivo es desarrollar una célula SOFC con una vida útil mejorada gracias a la baja temperatura de funcionamiento (600°C), mientras que el logro de un alto rendimiento mediante la aplicación de electrodos de baja temperatura avanzadas y materiales de electrolitos (Colvenauer and Castel, 2011b).

El ánodo debe ser conductor electrónico para que se produzca el transporte de los electrones a través de un circuito externo, desde el ánodo hacia el cátodo. Debe ser estable en los ambientes reductores del combustible, y, además, debe ser poroso para permitir el paso del gas reactivo hasta la triple frontera de fase (electrolito + ánodo + gas), donde ocurre la reacción electro catalítica. Al estar en contacto físico con el electrolito, debe ser compatible, desde el punto de vista químico, térmico y mecánico; además en la interface la resistencia eléctrica debe ser muy baja para facilitar el transporte electrónico. Desde el punto de vista de compatibilidad térmica el ánodo y electrolito con frecuencia están formados por un composito. Generalmente se emplea Ni en lugar de cobalto, platino y otros metales nobles, debido a su bajo costo (Alvarado-Flores and Àvalos-Rodríguez, 2013).

Por otro lado, en la electrólisis del agua, uno de los procesos electroquímicos más antiguos utilizado para producir gas hidrógeno de alta pureza, los estados químico y electrónico del hidrógeno electro adsorbido afectan ambos el mecanismo y la cinética de la reacción, dando lugar a una densidad de corriente de intercambio y a una pendiente de Tafel, las cuales son características del material del electrodo (ORTEGA-CHÁVEZ et al., 2008).

Las celdas de combustible microbiano (CCM) son dispositivos que se encargan de convertir energía bioquímica a energía eléctrica mediante microorganismos. Las bacterias obtienen la energía transfiriendo electrones desde un donador de

electrones, como el acetato o el agua residual (materia orgánica), hacia un aceptor de electrones, como el oxígeno. Cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre el donador y el aceptor, mayor será la ganancia energética para la bacteria y, generalmente, mayor será su tasa de reproducción y, por lo tanto, de eliminación de la materia orgánica. En una CCM, las bacterias no transfieren directamente los electrones a un aceptor final de electrones característico, sino que lo hacen a un electrodo, es decir hacia un ánodo. Posteriormente, los electrones pasan a través de una resistencia, u otra carga, hacia un cátodo, por lo que los electrones generados en la reacción son “cosechados” y convertidos directamente en energía eléctrica. El carbono orgánico es transformado a CO₂. El ciclo se cierra cuando los protones migran hacia el cátodo en aerobiosis donde se combinan con el oxígeno y se forma agua. Para aumentar la eficiencia en la generación de electricidad y eliminación de los contaminantes, se investigan las especies que son capaces de transferir electrones, el diseño y los materiales que constituyen las celdas, la adición de mediadores químicos, membranas intercambiadoras de protones, las condiciones ambientales más favorables para la actividad microbiana (Buitròn and Pèrez, 2011).

La descomposición anaeróbica de materias primas orgánicas con microorganismos termófilos es un método prometedor para la obtención de hidrógeno a partir de residuos orgánicos. Estos microorganismos forman un consorcio microbiano que puede contener decenas de especies. microorganismos anaerobios que convierten sustratos complejos (por ejemplo, celulosa) en compuestos de monómero (por ejemplo, celobiosa y glucosa) son uno de los principales grupos funcionales en el consorcio. Entre ellos se encuentran los siguientes microorganismos: *thermocellum*, *Clostridium cellulosi*, *Clostridium thermolacticum*, *Clostridium thermocopriae*, *Caldicellulosiruptor saccharolyticus*, etc. Un segundo grupo funcional importante contiene microorganismos que consumen compuestos monómeros y producir hidrógeno y dióxido de carbono como metabolitos principales. destacados miembros de este grupo son *Thermoanaerobacterium spp.*, *Clostridium spp.*, *Thermotoga*

neapolitana, *Enterobacter aerogens*, *elfii Thermotoga*, *Caldanaerobacter subterraneus*, etc. Sin embargo, el hidrógeno molecular no se transmite en la biosfera, ya que juega un papel importante en el metabolismo microbiano. Se produce de forma continua y se consume por los microorganismos que contienen hidrogenasas. Estas enzimas catalizan la conversión reversible del hidrógeno en protones y electrones. Sin embargo, es posible crear condiciones selectivas de cultivo para suprimir los microorganismos que consumen hidrógeno. En este caso, el hidrógeno será uno de los principales metabolitos finales. Al mismo tiempo, hay varios problemas relacionados con el uso limitado de hidrógeno. La primera de ellas es la presencia de óxidos de carbono y sulfuro como impurezas. El segundo es auto-inhibición de la producción de hidrógeno. Por lo tanto, es importante eliminar el hidrógeno del biorreactor continuamente. Las pilas de combustible podrían proporcionar la conversión más eficiente de hidrógeno en electricidad. En consecuencia, es probable que sumerja electrodo de hidrógeno directamente en medio de crecimiento microbiano para oxidar el hidrógeno y por lo tanto para evitar su efecto inhibitorio sobre el metabolismo de los microorganismos. Sin embargo, este medio, en el caso de microorganismos heterótrofos y sustratos mixtos, contiene una gran cantidad de impurezas, incluyendo enzimas hidrolíticas, ácidos orgánicos, y sulfuros de, que rápidamente e irreversiblemente puede desactivar el platino utilizado en los electrodos(Abramov et al., 2013).

El MFC es una tecnología recientemente desarrollada para la producción de energía renovable, que puede convertir de manera eficiente la materia orgánica de las aguas residuales en electricidad(Deeke. et al., 2012).

Al hablar de los sistemas de pilas de combustible de baja temperatura hay sistemas de pila de combustible ácidas y alcalinas. pilas de combustible PEM pertenecen a la categoría de pilas de combustible ácidas donde la reacción redox de hidrógeno-oxígeno ocurre en el ánodo y el cátodo de formación de electricidad, agua y calor. Los protones son transportados a través de la capa de

PEM y los electrones son transportados a través del circuito externo. sistema de pila de combustible PEM H₂ impulsada ofrece muchas ventajas sobre las baterías en términos de una mayor densidad de energía, facilidad de recarga instantánea ecológica. Como se ha mencionado antes de que el almacenamiento de combustible H₂ sigue siendo un reto existente desde un punto de vista de la ingeniería. Hay varias técnicas de almacenamiento de H₂ disponibles, tales como, gas de hidrógeno comprimido (700 bar), el hidrógeno licuado (aproximadamente -200 ° C), la adsorción sobre los marcos de metal orgánicos (MOF), la reforma de hidrocarburos e hidruros de metal-químicas. Las posibilidades de utilización de las dos primeras opciones se descartaron para aplicaciones portátiles debido a su viabilidad práctica. Las mencionadas otras posibilidades son investigadas extensivamente desde ambos puntos de soporte de ingeniería y materiales. Recientemente, muchos trabajos han sido reportados con la generación de hidrógeno a bordo como suplentes fiables para el almacenamiento de combustible de hidrógeno para pilas de combustible PEM que se pueden adaptar en aplicaciones portátiles(Balakrishnan et al., 2015).

En las pilas de combustible de membrana de intercambio de protones, la oxidación de hidrógeno se cataliza por catalizadores de platino, que están fuertemente envenenados por monóxido de carbono. El contenido admisible de CO en el combustible de hidrógeno se determina por la temperatura de oxidación de hidrógeno. La temperatura de trabajo de la pila de combustible con una membrana de intercambio de protones Nafion no es mayor que 100oC. El contenido admisible de CO en el combustible de hidrógeno de células de combustible de este tipo no es más de 10 ppm (Tsivadze et al., 2011b).

En las pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC), el hidrógeno y el oxígeno se alimentan en ambos lados de la membrana de intercambio de protones (PEM), y la energía eléctrica de la reacción electroquímica se extrae directamente. Sin embargo, es difícil involucrar a todo el hidrógeno suministrado a PEMFC en la reacción, y se descarga algo de

hidrógeno sin reaccionar. Si un gas reformado, en lugar de hidrógeno puro, se utiliza como combustible, la concentración de hidrógeno en el gas de escape es baja; Sin embargo, el hidrógeno descargado debe ser tratada, por razones de seguridad, cuando se utilizan pilas de combustible en espacios cerrados y espacios semicerrados, como túneles profundos, o en entornos tales como naves espaciales o nave submarina se obstaculice el escape. En las pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC), el hidrógeno y el oxígeno se alimentan en ambos lados de la membrana de intercambio de protones (PEM), y la energía eléctrica de la reacción electroquímica se extrae directamente. Sin embargo, es difícil involucrar a todo el hidrógeno suministrado a PEMFC en la reacción, y se descarga algo de hidrógeno sin reaccionar. Si un gas reformado, en lugar de hidrógeno puro, se utiliza como combustible, la concentración de hidrógeno en el gas de escape es baja; Sin embargo, el hidrógeno descargado debe ser tratada, por razones de seguridad, cuando se utilizan pilas de combustible en espacios cerrados y espacios semi-cerrados, como túneles profundos, o en entornos tales como naves espaciales o nave submarina se obstaculice el escape. Con el objetivo del tratamiento del hidrógeno sin reaccionar, especialmente en una mezcla de gas con baja concentración de hidrógeno, se propone un método que utiliza una bomba de hidrógeno electroquímico que separa y se recupera hidrógeno, o PEMFC que reutiliza oxígeno, conectado aguas abajo de la celda de combustible principal utilizado para poder Generar. La bomba de hidrógeno electroquímico considerado aquí es un dispositivo que puede transferir selectivamente hidrógeno al cátodo cuando se aplica un voltaje al conjunto de electrodo de membrana (MEA) de una célula con la misma estructura que PEMFC, mientras que el hidrógeno se suministra en el lado del ánodo. Por ejemplo, si se aplica 0,2 V a la bomba de hidrógeno, y el hidrógeno recuperado se recircula a la pila de combustible para generar energía en 0.6 V, el saldo de 0,4 V se puede regenerar. Una ventaja de este método es que el hidrógeno puede ser tratado sin ningún oxidante, incluso en espacios cerrados, tales como naves espaciales o embarcación bajo el agua (ARAKI et al., 2011).

La pila de combustible de hidrógeno vehículo eléctrico (HFCEV) es generalmente reconocida como una de las tecnologías óptimas para el futuro a largo plazo, coches de bajo carbono. Esto combina las células de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) (FC) con una batería y tren guiado eléctrico para optimizar el tiempo, la temperatura de funcionamiento de partida y la eficiencia del vehículo. El uso de PEM FCs para generar electricidad a partir de hidrógeno de alta pureza; la electricidad entonces se utiliza ya sea para accionar el motor eléctrico del vehículo o se almacena en un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como una batería o un ultra-condensador. Desde FCs generan electricidad a partir de reacciones químicas, no se queman el combustible y por lo tanto no producen contaminantes y generan mucho menos calor en comparación con un motor de combustión interna. El subproducto de un hidrógeno FC es sólo agua. sí FC pila no tiene partes móviles (aparte de sus componentes auxiliares) y se fabrica apilando componentes repetibles juntos; por lo tanto, tienen el potencial para una alta fiabilidad y bajo costo de fabricación(Shang et al., 2013).

Las células de combustible microbianas (MFC) han sido generalmente reconocidas como un enfoque prometedor "verde" para el tratamiento de aguas residuales. Enorme consumo de energía existentes inherentes a la función de ánodo como regenerada biocatalizadores para convertir continuamente contaminantes biodegradables en una energía eléctrica limpia de las aguas residuales(Dong. et al., 2012).

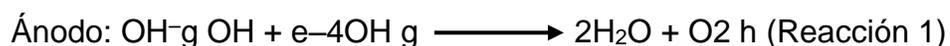
3.8 PRODUCCIÓN DE HIDROGENO.

La producción del H se hace por descomposición 2 de sustancias hidrogenadas abundantes y ampliamente disponibles, como el agua, el metano, derivados del petróleo y, también, por reformado del carbón, para lo cual existe variedad de tecnologías suficientemente desarrolladas, basadas principalmente en la

electrólisis y en procesos termoquímicos, como la gasificación Actualmente se produce H en cantidades importantes, por ejemplo, para preparar amoniaco y urea, ambos materia prima para abonos, así como para refinerías de petróleo, para producir fracciones livianas y la desulfuración de crudos; también se emplea en las industrias electrónica y alimentaria(Carvajal-Osorio. et al., 2010).

3.8.1 Electrolisis

La electrólisis consiste en la separación de los elementos que forman un compuesto aplicando electricidad. Durante este proceso ocurren reacciones de óxido-reducción; la reducción ocurre en el cátodo y la oxidación en el ánodo. A pesar de la estabilidad de la molécula del agua, es posible electrolizarla produciendo iones hidroxilo (OH^-) y protones (H^+), los cuales migran al ánodo y al cátodo, respectivamente¹. En el ánodo los OH^- pierden electrones para formar OH , los cuales resultan en la producción de H_2O y O_2 (reacción 1) y en el cátodo, los protones ganan electrones para convertirse en hidrógeno atómico (H) que resulta en la producción de H_2 (reacción 2).



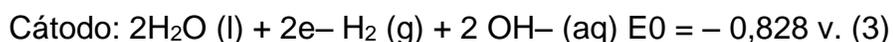
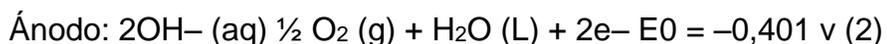
Como resultado de la electrólisis del agua, se produce agua alcalina catódica (abundante en hidrógeno disuelto) y agua ácida anódica (abundante en oxígeno disuelto). Esta última se usa ampliamente como antiséptico, y se ha demostrado que acelera el proceso de cicatrización en la piel de rata(Pérez-Hernández and Pedraza-Chaverri, 2011).

De los diferentes métodos de producción de H_2 a partir de energías alternativas se ha seleccionado la electrólisis, con la hidroelectricidad como fuente primaria. Básicamente, la electrólisis es un proceso electroquímico que consiste en la

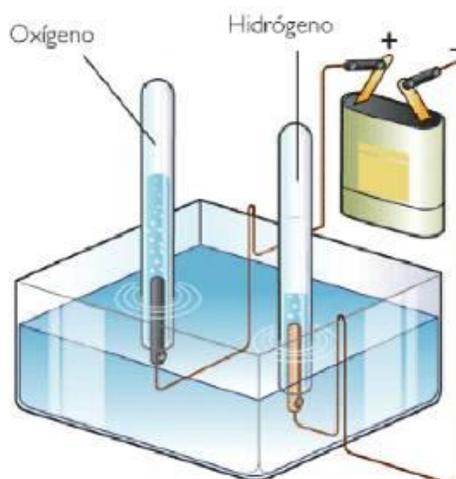
ruptura de la molécula de agua en sus componentes mediante la aplicación de una corriente eléctrica continua. La ecuación química general que gobierna esta ruptura molecular es:



Físicamente la electrólisis tiene lugar en una celda electrolítica, que en su versión más sencilla está compuesta por dos electrodos en los cuales ocurren las reacciones de oxidación (ánodo) y reducción (cátodo), y por un electrolito conductor que los separa. En una escala industrial, la electrólisis ocurre en los electrolizadores, equipos conformados por el arreglo en serie o en paralelo de una cantidad variable de celdas electrolíticas según los requerimientos de producción de H₂. Los electrolizadores más usados para la producción de H₂ son los Alcalinos y de Intercambio Protónico, diferenciándose en el tipo de electrolito. En los primeros, el electrolito es una solución acuosa de KOH, con las siguientes las reacciones de óxido/reducción:



Para que estas reacciones ocurran, el voltaje mínimo, o potencial ideal de equilibrio, a aplicarse a la celda electrolítica es de 1,229 v, valor obtenido a partir de consideraciones termodinámicas relacionadas con el cambio en la Energía Libre de Gibbs (energía libre o entalpía libre) de la reacción global. Sin embargo, el voltaje real de operación es más alto que el potencial ideal y su relación determina la eficiencia del proceso, usualmente superior al 60% (Posso, 2007).



Estructura de una celda electrolítica vemos dos tubos de almacenamiento uno de hidrogeno y otro de oxígeno ánodo y cátodo y la fuente de corriente que efectúa la electrolisis.

Debido a diferentes reacciones llevadas a cabo en el ánodo y el cátodo de un MFC, se requiere una buena separación entre los dos para evitar que interfieran entre sí por el uso de oxígeno, compuestos orgánicos, y otros compuestos. Esta separación se logra generalmente mediante el uso de un electrolito sólido o de oxígeno gradiente (por ejemplo, en MFC membrana menos). Los electrolitos sólidos utilizados comúnmente incluyen membranas de intercambio iónico [membrana de intercambio catiónico (CEM), membrana de intercambio aniónico (AEM), o de membrana de intercambio de protones (PEM)] y otros materiales como textiles, telas tejidas, y lana de vidrio(Ge. et al., 2013).

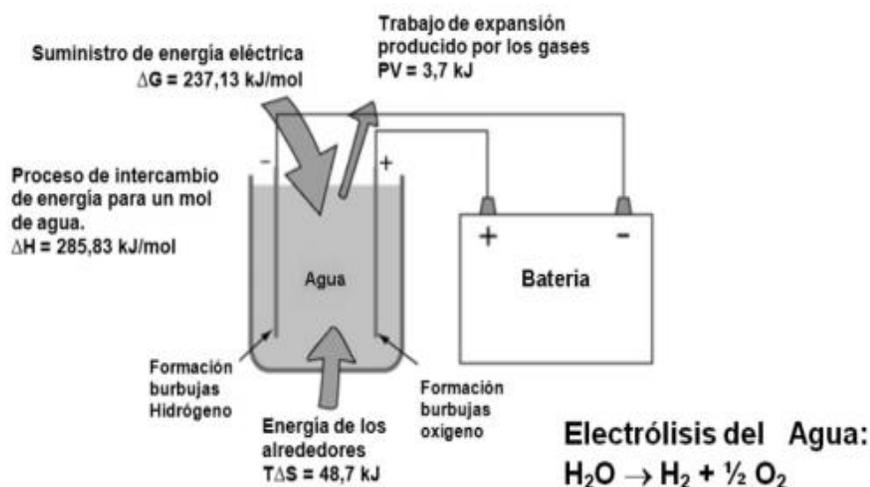
La reacción de reducción de oxígeno es probablemente una de las reacciones electro catalíticas más estudiadas y sigue siendo el reto más serio para la comercialización de las PEFC. El platino es el metal de base mejor para la catálisis de la TRG, pero debido a la cinética de reacción lentas que incluye un proceso multi electrónico con un número de pasos elementales que implican intermedios de reacción diferente a la TRG requiere sobretensiones altas (0,3-0,4 V)(Rabis. et al., 2012).

3.9 Hidrógeno como combustible

El Hidrógeno se presenta actualmente como nueva alternativa en el campo de la energía, llegándose a considerar por sus ventajas, como un vector energético capaz en el futuro de sustituir gran parte los combustibles convencionales. Esto se presenta muy oportunamente ante la situación energética actual de no sostenibilidad por el empleo poco racional de la energía y los inconvenientes medioambientales que presenta el uso intenso de los combustibles fósiles, principales causantes del calentamiento global. El hidrógeno, el elemento más abundante del Universo, al no encontrarse libre en la naturaleza, es necesario producirlo a partir de sustancias hidrogenadas, principalmente agua e hidrocarburos. La fácil disponibilidad y abundancia de los materiales de donde se puede obtener el hidrógeno, así como la diversidad de medios para su obtención, le proporcionan gran potencial como alternativa energética. Esto, aunado al hecho de que la utilización del H₂ deja sólo agua como único residuo, lo hace muy favorable al medio ambiente, más si produce con fuentes de energía renovables, como solar, eólica, hidráulica, entre otras. Estas características impulsarán una economía energética basada en abundante hidrógeno, la denominada Economía de Hidrógeno. (Carvajal-Osorio et al., 2009).

El hidrógeno como es sabido, es un gas incoloro, inodoro y completamente inofensivo. Es 14.4, veces más ligero que el aire y condensa a -252.77 °C. proporciona al quemarse. Una energía más alta que el resto de combustibles. Las emisiones nocivas en la combustión de hidrógeno con aire en motores y turbinas resultan insignificantes. El único producto de la combustión es el agua cuando el comburente es oxígeno puro. El hidrógeno, portador secundario de energía, puede introducirnos en la vía alternativa de las energías renovables. De cara a evaluar el impacto ecológico de este nuevo carburante conviene observar toda la cadena combustible desde la energía primaria hasta su aplicación final. El hidrógeno en estado puro no se da en la naturaleza, pero combinado es muy abundante. Por tanto, no puede explotarse como el petróleo o el carbón y ha de

generarse a partir de otros componentes químicos. Por ello es considerado portador secundario de energía, lo que los expertos llaman vector energético. La mayoría de compuestos orgánicos son una combinación de carbono e hidrogeno. s el caso del gas natural, las planta y la biomasa en general(HORTAL and BARRERAS, 2007).



Factores que contribuyen a formar una celda electrolítica y hacen la electrolisis como tal.

3.10 Usos del hidrogeno

Para comercializar un vehículo de pila de combustible de hidrógeno como competitivamente como los presentes vehículos motor de combustión interna, hay una necesidad de materiales que pueden almacenar un mínimo de 6,5% en peso de hidrógeno. Materiales de carbono están siendo investigados en gran medida debido a su promesa de ofrecer una solución económica para el desafío de almacenamiento seguro de grandes cantidades de hidrógeno. El hidrógeno es importante como una nueva fuente de energía para aplicaciones de automoción. Está claro que el desafío clave en el desarrollo de esta tecnología es el almacenamiento de hidrógeno. El hidrógeno es portador de energía limpia y renovable y se espera que un sistema de energía de hidrógeno para sustituir

progresivamente los combustibles fósiles en el futuro(Sk et al., 2012).

El hidrógeno puede ayudar a resolver el problema de que algunos días el viento es bajo, algunos días, el sol no brilla y no tener suficiente de las mareas, de las olas, la energía hidráulica y geotérmica para satisfacer la demanda pico. Tenemos que utilizar la electricidad generada a partir de fuentes renovables, cuando la demanda es baja, para producir hidrógeno por electrólisis del agua, a continuación, almacenarlo en la red de gas. El hidrógeno almacenado puede ser utilizado cuando la demanda es alta. Nuestra red de suministro de gas actual originalmente fue diseñada para transportar hidrógeno. Antes de gas metano del Mar del Norte, se utilizó gas ciudad, que era al menos el 50% de hidrógeno. En el hogar, el hidrógeno puede ser utilizado en pilas de combustible estáticas para generar electricidad y para repostar los coches de pila de combustible de hidrógeno o sistemas de cogeneración avanzadas. La única emisión será agua. Un impacto similar se hará sentir en el transporte como 2050 ve el desarrollo de una red de transporte inteligente, totalmente integrado y equilibrado. Los viajes en tren van a jugar un papel cada vez más importante con sus ventajas de seguridad, la comodidad y la huella de bajas emisiones de carbono(Rogers, 2011).

Más recientemente, muchos aficionados han añadido mezclas de hidrógeno y el oxígeno producido a partir de la electrólisis, los llamados HHO, a la entrada de aire de motores de combustión, especialmente camiones diésel. Hay afirmaciones de que esta adición da reducirse las emisiones de los gases de escape, la mejora de la potencia del motor y una mejor economía de combustible. Diversas teorías de estos efectos se han propuesto, pero la evidencia ha sido difícil de confirmar, sobre todo debido a que los fabricantes de motores generalmente no soportan tales modificaciones. Sin embargo, está claro que hay varias pérdidas en el tren de tracción y hay mejoras que se pueden hacer, incluyendo aquellas que se derivan de la adición de hidrógeno(Perham, 2011).

Una parte importante del proyecto será evaluar los impactos ambientales, económicos y sociales de la utilización de autobuses propulsados por hidrógeno. El hidrógeno puede ser producido por diferentes métodos, incluyendo el uso de energía renovable. Las pilas de combustible utilizan hidrógeno para producir electricidad, mientras que sólo emite vapor de agua. Por lo tanto, las células de combustible de hidrógeno pueden desempeñar un papel importante en la reducción de la contaminación del aire ambiente, así como en el de-carbonización del sistema de transporte europeo (Colvenaer and Castel, 2011b).

En el campo energético, el H puede aprovecharse de variadas formas, directamente o mezclado con combustibles fósiles en motores y turbinas de gas, o también, en un proceso electroquímico en las celdas de combustible para generar electricidad. Estas comienzan a ser utilizadas para mover vehículos prototipo, iluminación, o para alimentar aparatos electrónicos, a la vez permitiendo hacer uso práctico del calor que se produce en la celda. En el campo de la termoelectricidad hoy en día, en lugar de quemar directamente el carbón, este se gasifica primero para obtener una mezcla de H y monóxido de carbono, o gas de síntesis, en plantas integradas de ciclo combinado, IGCC (por sus siglas en inglés: Integrated Gasification Combine Cycle) de mayor eficiencia y menos contaminante (Carvajal-Osorio. et al., 2010).

Celda microbiana MFC utilizan microorganismos exoelectrogenericos (tienen la capacidad de transmitir electrones extracelularmente) para convertir la energía química almacenada en sustancias biodegradables para dirigir la electricidad. Por otra parte, la corriente eléctrica se puede utilizar para muchas otras funciones, incluyendo la producción de productos químicos de valor añadido tales como H₂ en celdas de electrólisis microbiana (MEC) o conducir la desalinización del agua en las celdas microbianas de desalinización (Wang. et al., 2015).

Se espera que las células de combustible de baja temperatura a entrar en amplio uso comercial en las áreas de transporte y generación de energía fijos y portátiles, y por lo tanto ayudará a resolver la escasez de energía y el medio ambiente. A pesar de su gran promesa, la comercialización se ha visto obstaculizado por las deficiencias y el alto costo de los electro catalizadores en los electrodos. Las cinéticas lentas de la reacción de reducción de oxígeno (ORR) son una de las principales razones de la elevada sobretensión en una pila de combustible de membrana de intercambio de protones de hidrógeno (PEMFC)(Shao, 2015).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

Para la extracción del hidrogeno del agua potable se utilizó el método llamado de electrolisis. El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de biología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la universidad se ubicada en el periférico Raúl López Sánchez esquina con carretera Santa Fe, en la ciudad de Torreón, Coah. Se anexa croquis de ubicación de la universidad.

La aplicación de electrolisis usado en este proyecto, se principalmente para la generación de hidrogeno a partir del agua potable, y se pretende almacenar el hidrogeno obtenido, para su uso posteriormente como combustible.

Para llevar a cabo el proceso de electrolisis en el laboratorio, se utilizaron los siguientes materiales:

- Recipiente, con medidas de 23 cm de largo, 11cm de ancho y 20 cm de alto con una capacidad para 50.6 cm³ de agua.



- Cables de cobre de 1 mm de espesor



- Manguera flexible de ¼ de pulgada de diámetro



- Flexómetro



- Trozo de grafito extraído de un lápiz de madera



- Nieve seca utilizada para soportar de tubos de ensayo o almacenadores



- Dos tubos de ensaye como almacenadores



- Un alimentador de corriente de 5.9 Volts de Corriente Directa



- Un alimentador de corriente de 4 Volts de corriente alterna



- Amperímetro marca FLUKE



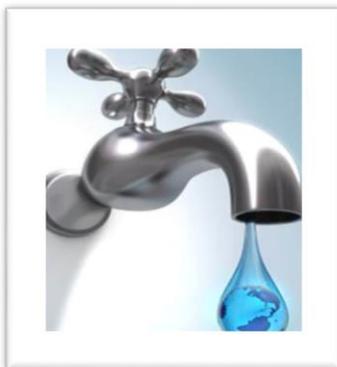
- Navaja



- Pegamento instantáneo APS



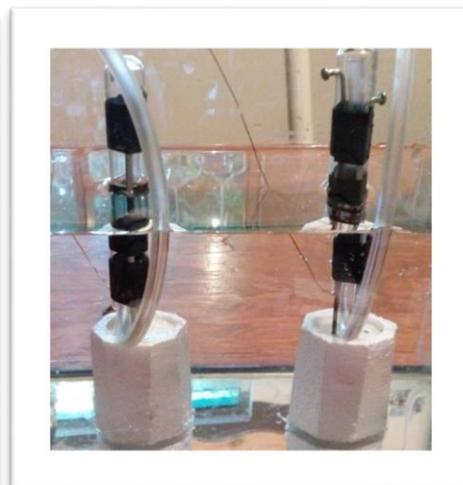
- Agua potable de la red de abastecimiento público



- Tubo de silicón



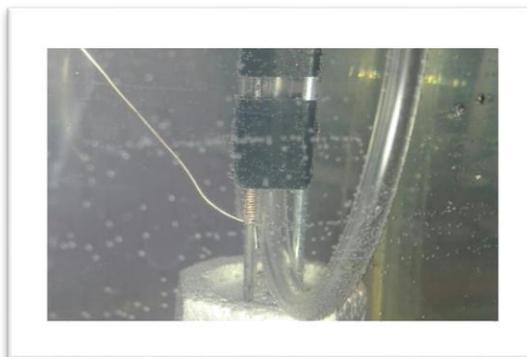
Arreglo de los soportes de los tubos de ensayo y el grafito los cuales se utilizarán para la captura del hidrogeno que se pudiera generar mediante la electrolisis.



Arreglo del experimento terminado, donde se puede observar los tubos de ensayo ya montados en las bases de nieve seca, las mangueras usadas para la conducción de los gases que se forma por la electrolisis, así como los alambres que se conectan a la corriente eléctrica para que se lleve a cabo la electrolisis en el agua, los alambres van conectados al cargador de corriente alterna, este cargador se conecta a un enchufe de pared de energía eléctrica. De esta manera se lleva a cabo el proceso de electrolisis del agua, para la separación de la molécula del hidrogeno contenida en al agua potable, que es el elemento que nos interesa obtener. Posteriormente el hidrogeno se almacenará en una celda, y de ahí se extraerá para su uso como energía alternativa.



Ánodo



Arreglo del ánodo del experimento, que se colocó al interior del recipiente utilizado para llevar a cabo el proceso de electrólisis para la obtención del hidrogeno.

Cátodo



Arreglo del cátodo del experimento, el cual se colocó al interior del recipiente utilizado para llevar a cabo el proceso de electrólisis para la obtención del hidrogeno.

V RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos y a la metodología empleada se puede concluir lo siguiente

La separación del hidrogeno contenido en el agua por medio de la metodología conocida como electrolisis, consistente en la aplicación de corriente eléctrica por mediante cátodos y ánodos, sumergidos en un recipiente que contenía agua purificada, dio un resultado negativo.

En virtud de lo anterior, se puede considerar que la hipótesis planteada, en este experimento fue nula.

VI CONCLUSIÓN

Como recomendaciones, se sugiere tratar de aislar los cables alimentadores de corriente eléctrica, ya que, en el presente experimento, se puede concluir que al no estar aislados dichos cables pudieron interferir con la disposición de las moléculas de oxígeno hidrógeno contenidas en el agua.

Además, se recomienda contar con un dispositivo adecuado que nos sirva para el adecuado almacenamiento del hidrógeno generado por la disociación de las moléculas del agua.

VII LITERATURA CITADA

- ABRAMOV, S. M., SADRADDINOVA, E. R., SHESTAKOV, A. I., VORONIN, O. G., KARYAKIN, A. A., ZORIN, N. A. & NETRUSOV, A. I. 2013. Turning Cellulose Waste Into Electricity: Hydrogen Conversion by a Hydrogenase Electrode. *PLoS ONE*, 11, 1.
- ACQUATELLA, J. & BÁRCENA, A. 2005. Política Fiscal Y Medio Ambiente. 100-101.
- ALVARADO-FLORES, J. & ÀVALOS-RODRÌGUEZ, L. 2013. Materiales para ánodos, cátodos y electrolitos utilizados en celdas de combustible de óxido sólido (SOFC). *Revista Mexicana de Física* 59, 67.
- ARAKI, T., ICHIHARA, K., NAGAHAMA, M., MINAMOTO, Y. & ONDA, K. 2011. Treatment of Low-Concentration Hydrogen by Use of Proton Exchange Membrane
Electronics and Communications in Japan 94, 51.
- BALAKRISHNAN, A., FREI, M., KERZENMACHER, S., REINECKE, H. & MUELLER¹, C. 2015. Design and fabrication of miniaturized PEM fuel cell combined microreactor with self-regulated hydrogen mechanism *IOP*, 660, 2.
- BRIDGEWATER, A. & BRIDGEWATER, G. 2009. ENERGIAS ALTERNATIVAS 12.
- BUITRÒN, G. & PÈREZ, J. 2011. producción de electricidad en celdas de combustible microbianas utilizando agua residual: efecto de la distancia entre electrodos. *revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 14, 6.
- CALVA, J. L., TOSONI, G. A., GARCIA, J. J. A., CORNEJO, S. A., APODACA, J. L., FRAIRE, L. A., CANO, F. B., BAUER, M., BAZAN, G., BROWN, R. B. Y., LOPEZ, J. J. D., DORANTES, R., GASCA, C. E., HIDALGO, S. G., GUAJARDO, G., MONTES, N. L., POZO, P. M. D., GUEVARA, E. P., MORALES, A. P., PADILLA, V. R., NIETO, A. R., RUBIO, H. R. P., RICO, D. R., ROUSSEAU, I., NAVARRO, A. D. L. V. & LANDA, J. V. 2007. Política Energética Agenda Para El Desarrollo. 8, 320.
- CARVAJAL-OSORIO, H., BABATIVA, J. H. & ALONSO, J. A. 2009. Estudio sobre producción de H₂ con hidroelectricidad para una economía de hidrógeno en Colombia *ingenieria y competitividad* 12, 32.

- CASTELLANOS, P. R. 2004. Energías Y Medio Ambiente 98.
- CISNEROS, B. E. J. 2001a. La Contaminación Ambiental En México 689.
- CISNEROS, B. E. J. 2001b. La Contaminación Ambiental En México 1, 735.
- COLVENAER, B. D. & CASTEL, C. 2011. The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) in Europe. 7.
- CRESPO, F. J. G., GUEREÑU, F. G. L. D., EXPÓSITO, M. D. M. D. P., RUIZ, M. S., GONZALES, L. D. S. & FRAILE, R. S. 2009. *Ámbito Científico - Tecnológico* 178
- GAFFERT, G. A. 1981. CENTRALES DE VAPOR 17.
- GÓMEZ, J. J., SAMANIEGO, J. & ANTONISSEN, M. 2008. consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos. 23.
- HIGUERA, A. G. & GARCIA, F. J. C. 2007. CIM: EL COMPUTADOR EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. 53.
- HORTAL, M. A. & BARRERAS, Â. L. M. 2007. El Hidrógeno Fundamento De Un Futuro Equilibrado. 2, 12.
- HOUSEL, D. J. 2016. La Revolución Industrial 4-6.
- JUANA, J. M. D. 2008. ENERGÍAS RENOVABLES PARA EL DESARROLLO. 2, 7-8.
- LAINE, J. 2009. Ciento cincuenta años de combustión de hidrocarburos fósiles: las alternativas emergentes. *ingeniería y ciencia* 5, 11-31.
- LÓPEZ, M. V. 2012. Ingeniería de la energía eólica. 19.
- MUÑIZ, J. M. M. & GARCÍA, R. C. 2006. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. 15 y 29
- ORTEGA-CHÁVEZ, L., HERRERA-PERAZA, E., ALONSO-NÚÑEZ, G., MANZANAREZ-PAPAYANOPOULOS, L., VERDE-GÓMEZ, Y. & KEERRENDON, A. 2008. MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA REACCIÓN DE EVOLUCIÓN DEL HIDRÓGENO UTILIZANDO HClO₄ Y H₂SO₄ COMO ELECTROLITOS. 24, 22-23.

- PÉREZ-HERNÁNDEZ, E. G. & PEDRAZA-CHAVERRI, J. 2011. PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DEL AGUA REDUCIDA POR ELECTRÓLISIS Y DEL HIDRÓGENO. *Revista Especializada en Ciencias de la Salud*, 14, 6.
- PÉREZ, E. M. 1997. Las Energías Renovables un enfoque político-ecológico 79.
- PÉREZ, J. B., CABRERIZO, D. M. A. & BOZAL, J. L. A. 2011. física y química. 4, 142.
- PERHAM, S. 2011. Hydrogen giving reduced carbon emissions from vehicles. 26.
- PICÓ, A. G., FERNÁNDEZ, I. G., GIMENO, B. S., HERNANDO, P. F., MARTÍNEZ, R. M. G., YAGÜE, J. C. B., PÉREZ, J. Á. P., MAYOR, M. A. G. & ALEGRÍA, J. S. D. 2012. Contaminación Atmosférica 27.
- POSSO, F. 2007. Development in Venezuela of energy system based in the hydrogen. I: Production of electrolytic hydrogen. 30, 202-203.
- RETAMOSO, C. E. F. 2007. Producción Limpia, Contaminación Y Gestión Ambiental 37.
- ROGERS, C. 2011. Hydrogen and the 2050 UK energy consumer. 3.
- SEBASTIÁN ESCOBAR-VARGAS, DANIEL R. TORO & PALOMINO, A. 2015. Potencial lipogenico de las levaduras de la pulpa de café: Bioprospección para la búsqueda de métodos sostenibles de producción de biocombustibles con biomasa de desecho. 84.
- SHANG, J., KENDALL, K. & POLLET, B. G. 2013. Hybrid hydrogen PEM fuel cell and batteries without DC–DC converter. *International Journal of Low-Carbon* 1.
- SK, M. A., RAO, K. V. & RAO, J. V. R. 2012. HYDROGEN AS FUEL CARRIER IN PEM FUELCELL FOR AUTOMOBILE APPLICATIONS *International conference on materials science and technology* 73, 1-2.
- TSIVADZE, A. Y., MODESTOV, A. D., TARASEVICH, M. R., FILIMONOV, V. Y., LEYKIN, A. Y. & BILERA, I. V. 2011. Electrochemical Hydrogen Separation from Mixtures with Carbon Monoxide Using the Membrane Electrode Assembly of a MediumTemperature Fuel Cell. *PHYSICAL CHEMISTRY*, 440, 206.
- VALTUEÑA, J. A. 2002. Enciclopedia De La Ecología Y La Salud. 1, 288.
- VILORIA, J. R. 2012. ENERGÍAS RENOVABLES Lo que hay que saber. 1.

- ZHANG, Y.-H. P., EVANS, B. R., MIELENZ, J. R., HOPKINS, R. C. & ADAMS, M. W. W. 2007. High-Yield Hydrogen Production from Starch and Water by a Synthetic Enzymatic Pathway *PLoS ONE*, 1.
- ABRAMOV, S. M., SADRADDINOVA, E. R., SHESTAKOV, A. I., VORONIN, O. G., KARYAKIN, A. A., ZORIN, N. A. & NETRUSOV, A. I. 2013. Turning Cellulose Waste Into Electricity: Hydrogen Conversion by a Hydrogenase Electrode. *PLoS ONE*, 11, 1.
- ACQUATELLA, J. & BÁRCENA, A. 2005. Política Fiscal Y Medio Ambiente. 100-101.
- ALVARADO-FLORES, J. & ÀVALOS-RODRÌGUEZ, L. 2013. Materiales para ánodos, cátodos y electrolitos utilizados en celdas de combustible de óxido sólido (SOFC). *Revista Mexicana de Física* 59, 67.
- ARAKI, T., ICHIHARA, K., NAGAHAMA, M., MINAMOTO, Y. & ONDA, K. 2011. Treatment of Low-Concentration Hydrogen by Use of Proton Exchange Membrane
Electronics and Communications in Japan 94, 51.
- BALAKRISHNAN, A., FREI, M., KERZENMACHER, S., REINECKE, H. & MUELLER1, C. 2015. Design and fabrication of miniaturized PEM fuel cell combined microreactor with self-regulated hydrogen mechanism *IOP*, 660, 2.
- BRIDGEWATER, A. & BRIDGEWATER, G. 2009. ENERGIAS ALTERNATIVAS 12.
- BUITRÒN, G. & PÈREZ, J. 2011. producción de electricidad en celdas de combustible microbianas utilizando agua residual: efecto de la distancia entre electrodos. *revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 14, 6.
- CALVA, J. L., TOSONI, G. A., GARCIA, J. J. A., CORNEJO, S. A., APODACA, J. L., FRAIRE, L. A., CANO, F. B., BAUER, M., BAZAN, G., BROWN, R. B. Y., LOPEZ, J. J. D., DORANTES, R., GASCA, C. E., HIDALGO, S. G., GUAJARDO, G., MONTES, N. L., POZO, P. M. D., GUEVARA, E. P., MORALES, A. P., PADILLA, V. R., NIETO, A. R., RUBIO, H. R. P., RICO, D. R., ROUSSEAU, I., NAVARRO, A. D. L. V. & LANDA, J. V. 2007. Política Energética Agenda Para El Desarrollo. 8, 320.

- CARVAJAL-OSORIO, H., BABATIVA, J. H. & ALONSO, J. A. 2009. Estudio sobre producción de H₂ con hidroelectricidad para una economía de hidrógeno en Colombia *ingeniería y competitividad* 12, 32.
- CARVAJAL-OSORIO., H., BABATIVA., J. H. & ALONSO., J. A. 2010. Estudio sobre producción de H con hidroelectricidad 2 para una economía de hidrógeno en Colombia *Ingeniería y competitividad*, 12, 33-34.
- CASTELLANOS, P. R. 2004. Energías Y Medio Ambiente 98.
- CISNEROS, B. E. J. 2001a. La Contaminación Ambiental En México 689.
- CISNEROS, B. E. J. 2001b. La Contaminación Ambiental En México 1, 735.
- COLVENAER, B. D. & CASTEL, C. 2011a. The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) in Europe. *FCH JU, Brussels, Belgium*, 5-9.
- COLVENAER, B. D. & CASTEL, C. 2011b. The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) in Europe. 7.
- CRESPO, F. J. G., GUEREÑU, F. G. L. D., EXPÓSITO, M. D. M. D. P., RUIZ, M. S., GONZALES, L. D. S. & FRAILE, R. S. 2009. *Ámbito Científico - Tecnológico* 178
- CHRISTGEN., B., SCOTT., K., DOLFING., J., IAN M, H. & P.CURTIS., T. 2015. AnEvaluationofthePerformanceand EconomicsofMembranesandSeparatorsin SingleChamberMicrobialFuelCellsTreating DomesticWastewater. *PLoS ONE*.
- DEEKE., A., SLEUTELS., T. H. J. A., HAMELERS., H. V. M. & BUISMAN., C. J. N. 2012. Capacitive Bioanodes Enable Renewable Energy Storage in Microbial Fuel Cells. *ENVIRONMENTAL Science & Technology*, 3554.
- DOI, Y., PARK, D., ISHIDA, M., FUJISAWA, A. & MIURA, S. 2014. Evaluation of Electrical Load Following Capability of Fuel Cell System Fueled by High-Purity Hydrogen. *Electrical Engineering in Japan*, 186, 4.
- DONG., H., YU., H. & WANG., X. 2012. Catalysis Kinetics and Porous Analysis of Rolling Activated CarbonPTFE Air-Cathode in Microbial Fuel Cells *ENVIRONMENTAL Science & Technology*, 13009.
- FANGZHU, Z. & PHILIP, C. 2010. Hydrogen and Fuel Cell Development in China: A Review. *European Planning Studies* 18, 7.

- GAFFERT, G. A. 1981. CENTRALES DE VAPOR 17.
- GE., Z., LI., J., XIAO., L., TONG., Y. & HE, Z. 2013. Recovery of Electrical Energy in Microbial Fuel Cell. *ENVIRONMENTAL Science & Technology*, 140.
- GÓMEZ, J. J., SAMANIEGO, J. & ANTONISSEN, M. 2008. consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos. 23.
- HIGUERA, A. G. & GARCIA, F. J. C. 2007. CIM: EL COMPUTADOR EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. 53.
- HORTAL, M. A. & BARRERAS, Â. L. M. 2007. El Hidrógeno Fundamento De Un Futuro Equilibrado. 2, 12.
- HOUSEL, D. J. 2016. La Revolución Industrial 4-6.
- J. ALVARADO-FLORES & 'AVALOS-RODR'IGUEZ, L. 2013. Materiales para 'anodos, c'atodos y electrolitos utilizados en celdas de combustible de 'oxido s'olido (SOFC). *Revista Mexicana de F'isica* 59, 66-87.
- JUANA, J. M. D. 2008. ENERGÍAS RENOVABLES PARA EL DESARROLLO. 2, 7-8.
- LAINE, J. 2009. Ciento cincuenta años de combustión de hidrocarburos fósiles: las alternativas emergentes. *ingeniería y ciencia* 5, 11-31.
- LAURA ORTEGA-CHÁVEZ, EDUARDO HERRERA-PERAZA, GABRIEL ALONSO-NÚÑEZ, LUISA MANZANAREZ-PAPAYANOPOULOS, YSMAEL VERDE-GÓMEZ & KEER-RENDÓN, A. 2008. MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA REACCIÓN DE EVOLUCIÓN DEL HIDRÓGENO UTILIZANDO HCLO4 Y H2SO4 COMO ELECTROLITOS. *CONTAMINACION AMBIENTAL*, 24, 21-31.
- LENNTech 2016. Propiedades químicas del Hidrógeno - Efectos del Hidrógeno sobre la salud - Efectos ambientales del Hidrógeno
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/h.htm>,
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/h.htm> 29/07/16 23:26
- LÓPEZ, M. V. 2012. Ingeniería de la energía eólica. 19.
- MORRIS., J. M. & JIN., S. 2012. Enhanced biodegradation of hydrocarbon-contaminated sediments using microbial fuel cells *Of Hazardous Materials*, 474.

- MUDASSIR ALI, SK, K. VENKATESWARA RAO, V., J. & RAO, R. 2012. HYDROGEN AS FUEL CARRIER IN PEM FUELCELL FOR AUTOMOBILE APPLICATIONS. *Materials Science and Engineering*, 73, 1-4.
- MUÑIZ, J. M. M. & GARCÍA, R. C. 2006. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. 15 y 29
- ORTEGA-CHÁVEZ, L., HERRERA-PERAZA, E., ALONSO-NÚÑEZ, G., MANZANAREZ-PAPAYANOPOULOS, L., VERDE-GÓMEZ, Y. & KEER-RENDON, A. 2008. MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA REACCIÓN DE EVOLUCIÓN DEL HIDRÓGENO UTILIZANDO HClO₄ Y H₂SO₄ COMO ELECTROLITOS. 24, 22-23.
- PAÍS, E. 2014. Una nueva revolución industrial. *economia* http://economia.elpais.com/economia/2014/12/19/actualidad/1419006216_471179.html 22/10/16
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, E. G. & PEDRAZA-CHAVERRI, J. 2011. PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DEL AGUA REDUCIDA POR ELECTRÓLISIS Y DEL HIDRÓGENO. *Revista Especializada en Ciencias de la Salud*, 14, 6.
- PÉREZ, E. M. 1997. Las Energías Renovables un enfoque político-ecológico 79.
- PÉREZ, J. B., CABRERIZO, D. M. A. & BOZAL, J. L. A. 2011. física y química. 4, 142.
- PERHAM, S. 2011. Hydrogen giving reduced carbon emissions from vehicles. 26.
- PICÓ, A. G., FERNÁNDEZ, I. G., GIMENO, B. S., HERNANDO, P. F., MARTÍNEZ, R. M. G., YAGÜE, J. C. B., PÉREZ, J. Á. P., MAYOR, M. A. G. & ALEGRÍA, J. S. D. 2012. Contaminación Atmosférica 27.
- POSSO, F. 2007. Development in Venezuela of energy system based in the hydrogen. I: Production of electrolytic hydrogen. 30, 202-203.
- RABIS., A., RODRIGUEZ., P. & SCHMIDT., T. J. 2012. Electrocatalysis for Polymer Electrolyte Fuel Cells: Recent Achievements and Future Challenges. *ACS Catalysis*, 868.
- RETAMOSO, C. E. F. 2007. Producción Limpia, Contaminación Y Gestión Ambiental 37.
- ROGERS, C. 2011. Hydrogen and the 2050 UK energy consumer. 3.

- SEBASTIÁN ESCOBAR-VARGAS, DANIEL R. TORO & PALOMINO, A. 2015. Potencial lipogenico de las levaduras de la pulpa de café: Bioprospección para la búsqueda de métodos sostenibles de producción de biocombustibles con biomasa de desecho. 84.
- SHANG, J., KENDALL, K. & POLLET, B. G. 2013. Hybrid hydrogen PEM fuel cell and batteries without DC–DC converter. *International Journal of Low-Carbon* 1.
- SHAO, M. 2015. Electrocatalysis in Fuel Cells *Catalysts*, 5, 1.
- SK, M. A., RAO, K. V. & RAO, J. V. R. 2012. HYDROGEN AS FUEL CARRIER IN PEM FUELCELL FOR AUTOMOBILE APPLICATIONS *International conference on materials science and technology* 73, 1-2.
- TAKUTO, A., KEIJI, I., MITUYUKI, N., YASUO, M. & KAZUO, O. 2011. Treatment of Low-Concentration Hydrogen by Use of Proton Exchange Membrane. *Electronics and Communications in Japan*, 94, 3.
- TANAKA., M., FUKASAWA., K., NISHINO., E., YAMAGUCHI., S., YAMADA., K., TANAKA., H., BAE., B., MIYATAKE., K. & WATANABE., M. 2011. Anion Conductive Block Poly(arylene ether)s: Synthesis, Properties, and Application in Alkaline Fuel Cells *J/A/C/S*, 10646.
- TSIVADZE, A., D. MODESTOV, M., R. TARASEVICH, V., YA. FILIMONOV, A., LEYKIN., Y. & BILERA., I. V. 2011a. Electrochemical Hydrogen Separation from Mixtures with Carbon Monoxide Using the Membrane Electrode Assembly of a Medium Temperature Fuel Cell. *PHYSICAL CHEMISTRY*, 440 part 2, 205-208.
- TSIVADZE, A. Y., MODESTOV, A. D., TARASEVICH, M. R., FILIMONOV, V. Y., LEYKIN, A. Y. & BILERA, I. V. 2011b. Electrochemical Hydrogen Separation from Mixtures with Carbon Monoxide Using the Membrane Electrode Assembly of a MediumTemperature Fuel Cell. *PHYSICAL CHEMISTRY*, 440, 206.
- UNIVERSAL, H. 2010. Revolucion Industrial <http://www.historialuniversal.com/2010/09/revolucion-industrial.html> 22/10/16
- VALTUEÑA, J. A. 2002. Enciclopedia De La Ecología Y La Salud. 1, 288.
- VILORIA, J. R. 2012. ENERGÍAS RENOVABLES Lo que hay que saber. 1.

WANG., H., PARK., J.-D. & REN., Z. J. 2015. Practical Energy Harvesting for Microbial Fuel Cells: A Review *ENVIRONMENTAL Science & Technology*, 3267.

ZHANG, Y.-H. P., EVANS, B. R., MIELENZ, J. R., HOPKINS, R. C. & ADAMS, M. W. W. 2007. High-Yield Hydrogen Production from Starch and Water by a Synthetic Enzymatic Pathway *PLoS ONE*, 1.